

PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : F02M 51/06, 47/04, 61/08	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 94/19598 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 1. September 1994 (01.09.94)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE94/00213 (22) Internationales Anmeldedatum: 28. Februar 1994 (28.02.94) (30) Prioritätsdaten: P 43 06 072.2 26. Februar 1993 (26.02.93) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wietelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KAPPEL, Andreas [DE/DE]; Fallstrasse 42, D-81369 München (DE). MOCK, RandoIf [DE/DE]; Ludwig-Erhard-Allee 29, D-81739 München (DE). MEIXNER, Hans [DE/DE]; Max-Planck-Strasse 5, D-85540 Haar (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
(54) Title: DEVICE FOR OPENING AND CLOSING A THROUGH-HOLE IN A HOUSING (54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM ÖFFNEN UND VERSCHLIESSEN EINER IN EINEM GEHÄUSE VORHANDENEN DURCHTRITTSÖFFNUNG (57) Abstract <p> A device is disclosed for opening and closing a through-hole in a housing. It is not possible to prepare an optimum mixture with electromagnetically controlled injection valves, as the mass inertia of their movable parts and the intrinsic inductivity of the electromagnet allow only minimum opening and closing times of about 1 to 2 ms. The minimum opening time determines however the smallest dosable amount of fuel, so that in particular in instationary states of operation of the engine and during idle running considerable dosing errors are inevitable. The object of the invention is to create an injection valve which allows very short opening and closing times even at high operation frequencies. The disclosed injection valve contains in particular a piezoactuator (P) arranged in a housing (VG), a stroke transformer which consists of a pressure piston and an alternating piston (DK, HK), a valve lifter (VS) linked to the alternating piston (HK) and a closing spring (SF) which presses the valve disk (VT) in the state of rest against the valve gasket (VD). The compensation chamber (AK) in communication with the hydraulic chamber (KA) through a ring-shaped gap (SP) located between the alternating piston (HK) and the housing (VG) is filled with a medium under overpressure. Since a membrane (M) transfers the overpressure accumulated in the compensation chamber (AK) to the hydraulic fluid (FL), no gas bubbles that could reduce the operating frequency of the valve can be formed there. The invention has applications in fuel injection valves and in check valves for water hammer injection systems. </p>		

(57) Zusammenfassung

Elektromagnetisch angetriebene Einspritzventile erlauben keine optimale Gemischaufbereitung, da sie aufgrund der Massenträgheit ihrer bewegten Teile und der Eigeninduktivität des Elektromagneten nur minimale Öffnungs- und Schließzeiten von etwa 1 bis 2 ms zulassen. Die minimale Öffnungszeit bestimmt aber die kleinste dosierbare Kraftstoffmenge, so daß insbesondere in instationären Betriebszuständen des Motors und im Leerlauf erhebliche Fehldosierungen hingenommen werden müssen. Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines Einspritzventils, das auch bei hohen Betriebsfrequenzen sehr kurze Öffnungs- und Schließzeiten ermöglicht. Das erfindungsgemäße Einspritzventil enthält insbesondere einen in einem Gehäuse (VG) angeordneten Piezoaktor (P) einen aus einem Druck- und einem Hubkolben (DK, HK) bestehenden Hubtransformator, einen mit dem Hubkolben (HK) verbundenen Ventilstößel (VS) und eine Schließfeder (SF), die den Ventilteller (VT) im Ruhezustand auf die Ventildichtung (VD) preßt. Die über einen zwischen dem Hubkolben (HK) und dem Gehäuse (VG) vorhandenen Ringspalt (SP) mit der Hydraulikkammer (KA) verbundene Ausgleichskammer (AK) ist mit einem unter Überdruck stehenden Medium gefüllt. Da eine Membran (M) den in der Ausgleichskammer (AK) aufgebauten Überdruck auf die Hydraulikflüssigkeit (FL) überträgt, können dort keine die Arbeitsfrequenz des Ventils herabsetzenden Gasblasen entstehen. Kraftstoff-Einspritzventile, Absperrventile für Druckstoß-Einspritzanlagen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

5 Vorrichtung zum Öffnen und Verschließen einer in einem Gehäuse vorhandenen Durchtrittsöffnung

10 Das Betriebsverhalten eines Verbrennungsmotors hängt in entscheidender Weise von der Qualität der Gemischaufbreitung ab. So lassen sich die Schadstoffemission und der Kraftstoffverbrauch des Motors durch eine dem jeweiligen Betriebszustand angepaßte Zumessung des Kraftstoffes zur Ansaugluft erheblich verringern. Dies gilt in besonderem Maße für einen mit
15 geregeltem Dreiwegekatalysator ausgestatteten Kfz-Verbrennungsmotor. Der der Reduzierung der Schadstoffemission dienende Katalysator arbeitet nur in einem sehr kleinen Luftzahlbereich mit einem hohen Wirkungsgrad. Um einen maximalen Konversionsgrad zu gewährleisten, darf das Luft-/Kraftstoffverhältnis in jedem Betriebszustand des Motors daher nur um
20 wenige Prozent von einem das jeweilige Optimum repräsentierenden Sollwert abweichen.

Elektromagnetisch angetriebene Einspritzventile erlauben keine optimale Gemischaufbereitung, da sie aufgrund der Massenträgheit der bewegten Teile und der Eigeninduktivität des
25 Elektromagneten nur minimale Ventilöffnungs- und Schließzeiten von etwa 1 bis 2 ms zulassen. Die minimale Öffnungszeit bestimmt aber die kleinste dosierbare Kraftstoffmenge, so daß die Einhaltung der korrekten Luftzahl λ insbesondere in instationären Betriebszuständen des Motors, im Teillastbereich
30 und im Leerlauf mit den zur Zeit am Markt erhältlichen Einspritzventilen nicht möglich ist. Um erhebliche Fehldosierungen zu vermeiden, benötigt man daher Ventile, deren Öffnungs- und Schließzeiten im Bereich von etwa 0,1 bis 0,2 ms liegen.

35 Das Prinzip der Druckstoßeinspritzung basiert auf der durch schnelles Schließen eines Absperrventils hervorgerufenen Umwandlung von kinetischer Energie in Druckenergie. Infolge der

abrupten Verzögerung des in der Schwungleitung einer Druckstoß-Einspritzanlage strömenden Kraftstoffs entsteht eine Druckwelle, die sich mit Schallgeschwindigkeit bis zu einer nach Art eines Überdruckventils ausgeführten Einspritzdüse
5 fortpflanzt und dort die Kraftstoffabspritzung bewirkt.

Mit Hilfe der Druckstoß-Einspritztechnik lassen sich auch bei einer primärseitig in Niederdrucktechnik ausgelegten Kraftstoffversorgung hohe Einspritzdrücke und sehr gute Aerosole
10 erzeugen. Sie eignet sich insbesondere auch für Anwendungen in modernen Schichtladungsmotoren, da sie die Direkteinspritzung ermöglicht und für eine hohe Geschwindigkeit der Strahlfront des Kraftstoff-Luftgemischs im Brennraum sorgt. Mit der Druckstoßeinspritzung kann auch der Ausstoß gasförmiger
15 Schadstoffe und der Kraftstoffverbrauch von Zweitakt- und Viertaktmotoren deutlich verringert und deren Drehmomentverlauf verbessert werden. Diese Vorteile lassen sich in der Praxis allerdings nicht vollständig nutzen, da die im Bereich von 1 bis 2 ms liegende Ansprechzeit der in konventionellen
20 Anlagen verwendeten Absperrventile um etwa einen Faktor 10 zu groß ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine kompakt aufgebaute, betriebssichere und verschleißarme Vorrichtung zum
25 Öffnen und Verschließen einer in einem Gehäuse vorhandenen Durchtrittsöffnung anzugeben. Die Vorrichtung soll sehr gute dynamische Eigenschaften besitzen und auch bei hohen Betriebsfrequenzen sehr kurze Öffnungs- und Verschließzeiten ermöglichen. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine
30 Vorrichtung nach Patentanspruch 1 gelöst.

Die Erfindung ermöglicht den Bau von Kraftstoffeinspritzventilen, die auch bei hohen Betriebsfrequenzen von $f > 500$ Hz Öffnungs- und Schließzeiten im Bereich von $\tau < 0,1$ ms. ermöglichen. Mit diesen Ventilen lassen sich daher auch kleinste Kraftstoffmengen exakt und gut reproduzierbar dosieren.
35 Außerdem gewährleisten die sehr kurzen Öffnungs- und Schließ-

zeiten einen definierten Strahlaufbau und -abriß. Die erfindungsgemäße Vorrichtung läßt sich insbesondere auch als Absperrventil in einer Druckstoß-Einspritzanlage verwenden.

- 5 Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der im folgenden anhand der Zeichnung erläuterten Erfindung. Hierbei zeigt:
- Fig. 1, 3 und 4 Ausführungsbeispiele eines Kraftstoff-Einspritzventils
- 10 Fig. 2 den hydraulischen Hubtransformator des Einspritzventils
- Fig. 5 die Kolben des hydraulischen Hubtransformators
- Fig. 6 den schematischen Aufbau einer Druckstoß-Einspritzanlage
- 15 Fig. 7 und 8 Absperrventile der Druckstoß-Einspritzanlage

Die Fig. 1 zeigt den schematischen Aufbau eines Kraftstoff-Einspritzventils, das einen auf einen hydraulischen Hubtransformator DK, KA, FL, HK wirkenden piezoelektrischen Aktor P

20 als Antriebseinheit enthält. Zur Erzeugung relativ großer Primärhübe bei moderaten Betriebsspannungen eignen sich piezoelektrische Multilayerstacks in besonderer Weise, da sie relative Längenänderungen von etwa $\Delta l/l = 1 \cdot 10^{-3}$ bei Antriebskräften von typischerweise $F = 100$ bis 10000 N ermöglichen.

25

Bedingt durch die hohe mechanische Steifigkeit der piezoelektrischen Sinterkörper liegt deren elektromechanische Resonanz im Bereich von 10 bis 1000 kHz, so daß sich Ansprechzeiten

30 von etwa 0,001 bis 0,1 ms prinzipiell erzielen lassen. Die im praktischen Betrieb realisierbaren Ansprechzeiten sind allerdings größer und hängen unter anderem von der elektrischen Ansteuerung und Beschaltung des Piezostacks sowie von der Größe der zu bewegenden Massen ab. Da die elektrische

35 Kapazität C_p des Piezostacks typischerweise im Bereich von etwa $C_p = 1$ bis $10 \mu F$ liegt und der Innenwiderstand R_i der dem Stack zugeordneten Spannungsquelle etwa $R_i = 1$ bis 10Ω

beträgt, ergeben sich für die durch $\tau = C_p \times R_i$ definierte Ladezeitkonstante Werte von etwa $\tau = 1$ bis $100 \mu s$. Die Ansprechzeiten des Piezostacks liegen also um 1 bis 2 Größenordnungen unter denen vergleichbarer elektromagnetischer Antriebe, was in Verbindung mit einem kompakten Ventilaufbau und kleinen bewegten Massen extrem kurze Ventilöffnungs- und -schließzeiten ermöglicht.

Die Einspritzung des über die Zuleitung Z herangeführten Kraftstoffs K in einen nicht dargestellten Motorraum erfolgt durch Abheben des Ventiltellers VT von den im Gehäuse VG vorhandenen Ventildichtsitz VD. Dies geschieht durch elektrische Ansteuerung des Piezoaktors P, dessen axiale Längenänderung sich auf den in einer Gehäusebohrung gedichtet eingebauten Kolben DK überträgt und der dadurch in der mit einer Hydraulikflüssigkeit FL gefüllten Kammer KA einen Überdruck erzeugt. Ist die durch die Hydraulikflüssigkeit FL auf den in einer zweiten Zylinderbohrung verschiebbar angeordneten Hubkolben HK übertragene Kraft größer als die durch eine Schließfeder SF ausgeübte Rückstellkraft, so hebt der mit dem Hubkolben HK verbundene Stößel VS den Ventilteller VT vom Dichtsitz VD ab und der Einspritzvorgang beginnt. Beendet wird die Kraftstoffeinspritzung durch die elektrische Entladung des Piezoaktors P. Infolge der damit einhergehenden Kontraktion des Aktors P bewegt sich der Druckkolben DK unter dem Zwang der von einer starken Tellerfeder TF ausgeübten Rückstellkraft wieder nach unten in seine Ruhelage, was in der Hydraulikkammer KA einen Unterdruck hervorruft. Unterstützt durch die Schließfeder SF führen der Hubkolben HL und der Stößel VS somit ebenfalls eine nach unten gerichtete Bewegung aus, wodurch sich der Ventilteller VT wieder auf den Dichtsitz VD absenkt.

Um eine möglichst lineare Ventilcharakteristik zu erhalten, läßt man den O-Ring gedichteten Ventilstößel VS nur mit einem definierten Hub arbeiten, wobei der Ventildichtsitz VD und die Decke A der Kammer AK als hubbegrenzende Anschläge wir-

ken. Die mit einem unter Überdruck stehenden Medium gefüllte Kammer AK nimmt auch die Schließfeder SF auf, die man vorzugsweise zwischen der Kammerdecke A und einer auf einem Seeger-Ring SR aufliegenden Paßscheibe PS montiert. Der Seeger-Ring SR dient auch als Lager für die zwischen dem Ventilstößel VS und dem Kammerboden eingeklemmte Membran M, die eine Vermischung des in der Kammer AK vorhandenen Druckmediums mit der aus dem Hubtransformator austretenden Hydraulikflüssigkeit FL verhindert.

10

Im einzelnen zeichnet sich das erfindungsgemäße Einspritzventil durch die folgenden Eigenschaften und konstruktiven Merkmale aus:

15 Wie in Fig. 1 dargestellt, liegt der nur kleine axiale Längenänderungen ausführende Aktor P mit seinen Endflächen am Druckkolben DK bzw. am Abstützlager PL des Gehäuses VG an. Um Hubeinbußen aufgrund herstellungsbedingter Nichtparallelität der Piezoendflächen weitgehend zu vermeiden, ist das Lager PL in Form einer Kugelscheiben/Kegelpfannenordnung ausgeführt. Das Lager PL kann hierbei am Gehäuse VG oder am Druckkolben DK angebracht sein.

25 Die vom Aktor P ausgeübte Kraft wird auf den in der Hydraulikkammer KA gedichtet eingebauten Druckkolben DK übertragen. Für die Abdichtung des Druckkolbens DK sorgt hierbei ein handelsübliches Dichtelement, beispielsweise ein O-Ring OR. Es können aber auch Membranabdichtungen aus Metall oder Gummi Verwendung finden, da der Druckkolben DK nur den vom Aktor P erzeugten kleinen Primärhub von wenigen μm ausgeführt.

30

Die geforderte transiente Arbeitsweise des Ventils macht es erforderlich, den Piezoaktor P mit Hilfe eines Federelements TF mechanisch vorzuspannen. Als Federelement TF findet in dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine Tellerfeder Verwendung, da sich mit ihr die benötigten Vorspannkräfte auf kleinstem Raum erzeugen lassen. Im Hinblick auf die Ventildynamik sollten

35

alle angetriebenen Teile, also insbesondere auch das Feder-
element TF, eine möglichst geringe Masse besitzen. Diesem Er-
fordernis kann man durch Verwendung von Aluminium oder Titan
anstelle von Stahl und/oder durch eine geeignete Formgebung
5 der jeweiligen Teile Rechnung tragen. Da man die Feder-
masse zu etwa einem Drittel der anzutreibenden Masse hinzurechnen
muß, sind Tellerfedern auch in dieser Hinsicht den wesentlich
schwereren Spiraldruckfedern vorzuziehen. Da die Tellerfeder
TF sowohl die mechanische Vorspannung für den Piezoaktor P
10 erzeugen als auch die Rückführung des Druckkolbens DK in sei-
ner Ruhelage unterstützen soll, ist sie vorzugsweise zwischen
einem am Druckkolben DK vorhandenen Seeger-Ring mit auflie-
gender Paßscheibe SR', PS' und einem Vorsprung der Gehäuse-
wand eingespannt. Die Öffnungs- und Schließzeiten des Ventils
15 lassen sich durch eine Abstimmung der mechanischen Ei-
genschaften der Tellerfeder TF und der für die Rückführung
des Hubkolbens HK eingesetzten Spiraldruckfeder SF weitgehend
symmetrisieren. Eine Abstimmung der Federkonstanten hat au-
ßerdem den Vorteil, daß auch die beim Schließen des Ventils
20 in der Hydraulikflüssigkeit FL auftretenden Zugspannungen mi-
nimiert werden, was wiederum die Gefahr des Auftretens von
Kavitation verringert.

Es wäre prinzipiell möglich, den vom Aktor P erzeugten Hub
25 direkt auf den Ventilstößel VS zu übertragen. Diese Konstruk-
tion hätte allerdings eine Reihe von Nachteilen. So wäre es
aufgrund der starren Verbindung zwischen dem Antriebselement
P und dem Ventilstößel VS sehr schwierig, eine ausreichende
Dichtheit des Ventils bei temperaturbedingten Längenänderun-
30 gen und herstellungsbedingten Toleranzen der Bauteile über
den angestrebten Arbeitstemperaturbereich zu gewährleisten
und gleichzeitig auch noch für eine ausreichend hohe Vorspan-
nung des Piezostacks P zu sorgen. Außerdem wären zur Erzeu-
gung des für einen großen linearen Arbeitsbereich des Ventils
35 benötigten Hubes von ca. 0,1 bis 0,5 mm ein sehr langer Pie-
zoaktor P erforderlich. In dem erfindungsgemäßen Einspritz-
ventil ist deshalb ein aus der EP-A-477 400 bekannter hydrau-

- lischer Hubtransformator mit integrierten adaptiven Toleranzausgleich zur Verstärkung des Aktorhubes eingebaut. Das Übersetzungsverhältnis des in Fig. 2 dargestellten Hubtransformators ist hierbei in guter Näherung durch das Verhältnis $\eta : =$
- 5 (A_D/A_H) der Querschnittsflächen A_D und A_H von Druckkolben DK und Hubkolben HK gegeben und läßt sich den gewünschten Ventilhüben $x_H = \eta \cdot x_D = 100 \mu m$ (x_D : Hub des Druckkolbens DK) in weiten Grenzen anpassen.
- 10 Im Vergleich zu einer rein mechanischen Übersetzung (Hebelsystem) erlaubt der hydraulische Hubtransformator einen sehr kompakten rotationssymmetrischen Aufbau, große Übersetzungsverhältnisse und die Übertragung sehr großer Kräfte. Aufgrund der kleinen bewegten Massen weist er auch ein gutes
- 15 dynamisches Verhalten auf. Ein solcher Antrieb ist bei Verwendung geeigneter Hydraulikflüssigkeiten FL äußerst betriebssicher und weitgehend wartungsfrei. Zudem ermöglicht die hydraulische Kraftübertragung die Integration eines adaptiven Toleranzausgleichs, der das System unanfällig macht gegenüber den durch Temperatur, Druck, Vibrationen usw. hervorgerufenen Drifterscheinungen.
- 20
- Wie die Fig. 2 zeigt, läßt sich der mechanische Toleranzausgleich in einfacher Weise dadurch verwirklichen, daß der Hub-
- 25 kolben HK in einer Spielpassung geführt und lediglich der Druckkolben DK mittels eines O-Ringes OR hermetisch dicht eingebaut wird. Der zwischen dem Hubkolben HK und der Zylinderbohrung verbleibende Spalt SP stellt bei geeigneter Dimensionierung der Spatlänge l und der Spaltbreite s dann einen
- 30 großen Strömungswiderstand dar. Er läßt die durch thermische Ausdehnungen bzw. Kontraktionen der Hydraulikflüssigkeit FL, des Gehäuses VG oder andere Bauteile hervorgerufenen Ausgleichsvorgänge zwischen der Hydraulikflüssigkeit FL innerhalb und außerhalb der Hydraulikkammer KA zu, ohne die Funktionsweise des Ventilantriebes zu beeinträchtigen.
- 35

Aufgrund der während der Öffnungsdauer des Ventils auftretenden Spaltverluste (Ausströmen von Hydraulikflüssigkeit FL aus der Kammer KA in das von der Membran M gebildete Ölreservoir), kann der Ventilstößel VS nicht beliebig lange statisch geöffnet gehalten werden. Dies wirkt sich in der Praxis allerdings nicht störend aus, da die maximalen Öffnungszeiten von Kfz-Kraftstoff-Einspritzventilen im Bereich von etwa 10 ms liegen. Außerdem läßt sich die maximale Öffnungszeit entsprechend den jeweiligen Anforderungen in einem weiten Bereich von wenigen Millisekunden bis hin zu einigen Minuten einstellen, indem man die Hubkolbenlänge l, die Spaltbreite s, die Federkonstante der Schließfeder SF und die Viskosität der Hydraulikflüssigkeit FL aufeinander abstimmt.

Gasblasen in der Hydraulikflüssigkeit FL des Hubtransformators würden die maximale Arbeitsfrequenz des Einspritzventils stark herabsetzen, da ein neuer Einspritzvorgang jeweils erst nach der vollständigen Auflösung der Gasblasen eingeleitet werden könnte. In dem erfindungsgemäßen Einspritzventil sind daher Maßnahmen zur Vermeidung der im allgemeinen nur beim Schließen des Ventils durch Zugkräfte in der Hydraulikflüssigkeit FL ausgelösten Kavitationsblasen vorgesehen.

Durch Druckbeaufschlagung der Hydraulikflüssigkeit FL lassen sich Kavitationsblasen in allen auftretenden Betriebszuständen vollständig vermeiden, wobei je nach Anwendungsfall Drücke in der Größenordnung von 0,01 MPa bis 1000 MPa erforderlich sind. Den Überdruck in der Hydraulikflüssigkeit FL erzeugt man vorteilhafterweise mit Hilfe der Kammer AK, die über den Anschluß AS mit einem Druckgasspeicher verbunden ist (s. Fig. 1). Als Druckgase kommen insbesondere Inertgase wie z. B. Argon (Ar), Stickstoff (N_2) oder chemisch wenig reaktive Gasgemische wie Kohlendioxyd (CO_2) oder Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) in Betracht. Die in der Kammer AK zwischen dem Ventilstößel VS und dem Kammerboden angeordnete Membran M stellt sicher, daß sich das Druckgas nicht in der

Hydraulikflüssigkeit FL löst. Außerdem verhindert sie ein Auslaufen der Hydraulikflüssigkeit FL.

5 Bei ausreichender Dichtheit des Systems kann die Kammer AK auch unter Überdruck von der Gaszufuhr abgetrennt und der Anschluß AS dicht verschlossen werden. Die unter Überdruck stehende Kammer AS übt dann zusammen mit der Membran M selbst die Funktion eines Gasdruckspeichers aus.

10 Es ist auch ohne weiteres möglich, die Kammer AK an den ohnehin vorhandenen Druckölkreislauf des Motors anzuschließen. In diesem Fall kann die Membrane M unter Umständen auch entfallen oder durch ein Partikelfilter ersetzt werden. Zum Aus-

15 treiben von eventuell noch vorhandenen Gasblasen ist es dann zweckmäßig, zusätzlich einen als Abfluß dienenden zweiten Anschluß in der Kammer AK vorzusehen und einen kontinuierlichen Ölstrom durch die Kammer AK zu leiten.

20 Eine Vereinfachung des Einspritzventils läßt sich durch den Anschluß der Kammer AK an die Kraftstoff-Niederdruckversorgung erreichen. Bei diesem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ist keine Stoßeldichtung SD erforderlich. Außerdem entfällt die separate Kraftstoffzuführung Z.

25 Die Anordnung eines kompressiblen Körpers (Gasdruckspeicher) in der Kammer AK kommt dann in Betracht, wenn diese vollständig mit einem flüssigen Druckmedium (Kraftstoff, Öl) gefüllt ist. Durch diese Maßnahme verbessert sich das dynamische Verhalten des Ventils, da die vom Hubkolben HK verdrängte Flüssigkeit lediglich eine geringfügige Kompression des Gas-

30 druckspeichers bewirkt und nicht zu hohe Gegendrücke in der Hydraulikflüssigkeit FL bzw. Gegenkräfte auf den Hubkolben HK erzeugt. Als Gasdruckspeicher eignen sich insbesondere geschlossenzellige, öl-, kraftstoff- und temperaturbeständige

35 Schaumstoffe auf Polyurethan-, Polyethan-, Polyester-, Naturkautschuk-, Chlorbutadien-, Vinyl-, Polyvinylchlorid-, Polyimid-Basis oder Verbundschaumstoffe aus diesen Komponenten so-

wie Gummiblasen. Es ist auch möglich, den Gasdruckspeicher durch eine in der Wand der Kammer AK integrierte federbelastete Membran zu realisieren.

- 5 Abhängig von der Höhe des in der Kammer AK erzeugten Überdrucks kann die Tellerfeder TF unter Umständen entfallen bzw. schwächer dimensioniert werden, da die Kammerflüssigkeit bereits die Rückführung des Druckkolbens DK in die Ausgangslage bewirkt und den Aktor P unter eine mechanische Vorspannung
10 setzt.

- Eine deutliche Verringerung der Masse des Druckkolbens DK läßt sich durch eine Verlagerung der Tellerfeder TF in die Hydraulikkammer KA erreichen (s. Fig. 4). Um einen Flüssigkeitsaustausch zwischen den durch die Tellerfeder TF getrennten Kammerbereichen zu ermöglichen, müssen Ausgleichskanäle oder Bohrungen an den Auflageflächen der Tellerfeder TF am Kammerboden oder am Druckkolben DK vorhanden sein. Es ist selbstverständlich auch möglich, eine durchbohrte Tellerfeder TF zu verwenden.
15
20

- Die vorgeschlagenen konstruktiven Maßnahmen stellen erhöhte Anforderungen an die Axialsymmetrie der einzelnen Ventilkomponenten, da es ansonsten zu einer Klemmung der Kolben DK, HK kommen kann. Dies gilt im besonderen Maße für den mehrfach geführten Stößel VS des in Fig. 1 dargestellten Einspritzventils. Derartige Effekte lassen sich aber weitgehend vermeiden, wenn man Kolben mit konvex gekrümmten Seitenflächen anstelle von zylindrischen Kolben verwendet (s. Fig. 5).
25
30 Diese Maßnahme gewährleistet, daß auch größere Dezentrierungen der bewegten Komponenten in Bezug auf die Gehäusebohrungen und Führungen die Funktionsweise des Ventils nicht beeinträchtigen.

- 35 Eine wesentliche Komponente der in Fig. 6 schematisch dargestellten Druckstoß-Einspritzanlage ist das Absperrventil AV, dessen durch ein Antriebselement gesteuerte Öffnung den Ein-

spritzvorgang einleitet. Hierdurch wird der von der Druckversorgungseinheit DV über die Rohrleitung SG aus dem Vorratsbehälter KR angesaugte Kraftstoff K in der Schwungleitung SL beschleunigt, um nach dem Durchlaufen des Absperrventils AV
5 über die Drossel DR und die Rohrleitung RL wieder in den Vorratsbehälter KR zurückzuströmen. Das schnelle Schließen des Absperrventils AV hat zur Folge, daß sich ein von der momentanen Strömungsgeschwindigkeit des Kraftstoffs K in der Schwungleitung SL abhängiger Druckstoß aufbaut, welcher sich
10 über die Einspritzleitung EL zur Einspritzdüse ED fortpflanzt und bei Überschreitung des Schließdruckes der federbelasteten Ventilmadel zum Abspritzen von Kraftstoff K führt. Der sogenannte Schwingungstilger ST dient der Unterdrückung unerwünschter Reflexionsdruckwellen.

15 Das in Fig. 7 dargestellte Absperrventil der Druckstoß-Einspritzanlage besteht im wesentlichen aus dem in Form eines Durchflußrohres ausgebildeten Ventilkörper VG, einem steuerbar verschließbaren Abflußkanal R und weiteren Komponenten, deren Aufbau und Wirkungsweise bereits anhand der Fig. 1 bis
20 5 beschrieben wurden. So kann der Ventilteller VT durch elektrische Ansteuerung des Piezoaktors P unter Vermittlung des hydraulischen Hubtransformators und des am Hubkolben HK befestigten Stößels VS vom Ventilsitz VD abgehoben und der mit
25 der Kammer AK verbundene Abflußkanal R freigegeben werden. Das Absperrventil gestattet ein sehr schnelles Verschließen des Abflußkanals R, wobei die Verschlusszeiten im Bereich von Bruchteilen einer Millisekunde liegen. Als Folge der schlagartigen Verzögerung des Kraftstoffs entsteht ein Druckstoß
30 DS, der sich mit Schallgeschwindigkeit ausbreitet und den Ventilkörper VG in Richtung der Einspritzdüse ED verläßt.

Bei der in Fig. 8 dargestellten Ausführungsform eines Absperrventils ist der Kanal R für den Kraftstoffabfluß von der
35 mit einem unter Druck stehenden Hydrauliköl gefüllten Kammer AK mittels einer O-Ring-gedichteten Stößeldurchführung SD vollständig getrennt. In diesem Fall besitzt die Kammer AK

einen separaten Anschluß AS für eine externe Öldruckversorgung, beispielsweise des Kfz-eigenen Ölschmiersystems. Auf diese Weise lassen sich Leckverluste der Stoßeldurchführung und der Druckkolbendichtung OR ausgleichen. Außerdem kann auf
5 eine Abdichtung (Membran M) zwischen der Hydraulikkammer KA und dem Hubtransformator verzichtet werden.

Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. So kann man anstelle
10 eines piezoelektrischen Aktors auch elektrostriktive oder magnetostriktive Aktoren als Antriebselemente verwenden. Alle beschriebenen Ausführungsformen besitzen einen rotations- bzw. axialsymmetrischen Aufbau. Hiervon kann selbstverständlich auch abgewichen werden, indem man den Hubtransformator
15 aus räumlich verteilten und über Flüssigkeitsleitungen miteinander verbundenen Druckkammern aufbaut. Hierbei muß allerdings ein Verlust an Funktionalität in Kauf genommen werden.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Öffnen und Verschließen einer in einem Gehäuse vorhandenen Durchtrittsöffnung
- 5 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ,
- eine von einer ersten Bohrung und einem in der ersten Bohrung verschiebbar angeordneten ersten Kolben (DK) gebildete erste Gehäusekammer (KA), wobei die erste Gehäusekammer (KA) mit einer Hydraulikflüssigkeit (FL) gefüllt ist,
 - 10 - ein auf den gedichtet eingebauten ersten Kolben (DK) wirkendes Antriebselement (P),
 - eine mit einem unter Überdruck stehenden Medium gefüllte zweite Gehäusekammer (AK),
 - eine die erste und die zweite Gehäusekammer (KA, AK) verbindende zweite Bohrung,
 - 15 - einen in der zweiten Bohrung verschiebbar angeordneten zweiten Kolben (HK), dessen Querschnittsfläche kleiner ist als die entsprechende Querschnittsfläche des ersten Kolbens (DK) und
 - 20 - ein Stößelement (VS), das eine durch das Antriebselement (P) und den ersten Kolben (DK) hervorgerufene Verschiebung des zweiten Kolbens (HK) auf ein Rückstellelement (SF) und eine der Durchtrittsöffnung zugeordnete Schließelement (VT) überträgt.
- 25
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
- da d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- daß die Gehäusekammern (KA, AK), die Kolben (DK, HK) und die zweite Bohrung jeweils einen axialsymmetrischen Aufbau besitzen.
- 30
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
- g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
- einen die erste und die zweite Gehäusekammer (KA, AK) verbindenden Spalt (SP) oder Kanal.
- 35
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

14

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
ein auf der antriebsseitigen Wandung der zweiten Gehäusekam-
mer (AK) aufliegendes Dichtelement (M).

5 5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
eine Membran (M) als Dichtelement.

10 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das unter Überdruck stehende Medium ein Gas oder eine
Flüssigkeit ist.

15 7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die unter Überdruck stehende Flüssigkeit ein Hydrauliköl
oder ein Kraftstoff ist.

20 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die zweite Gehäusekammer (AK) einen Anschluß (AS) zur Zu-
führung des unter Überdruck stehenden Mediums und die Durch-
trittsöffnung aufweist.

25 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
eine in der zweiten Gehäusekammer (AK) angeordneten Druck-
speicher.

30 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
einen piezoelektrischen, elektrostriktiven oder magnetostrik-
tiven Aktor (P) als Antriebselement.

35 11. Vorrichtung nach Anspruch 10,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

15.

ein aus einer Kugelscheiben-/Kegelpfannenordnung bestehendes Aktorlager (PL).

5 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
eine auf das Antriebselement (P) und/oder den ersten Kolben
(DK) wirkendes Federelement (TF).

10 13. Vorrichtung nach Anspruch 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das Federelement (TF) in der ersten Gehäusekammer (KA)
angeordnet ist.

15 14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
eine Tellerfeder (TF).

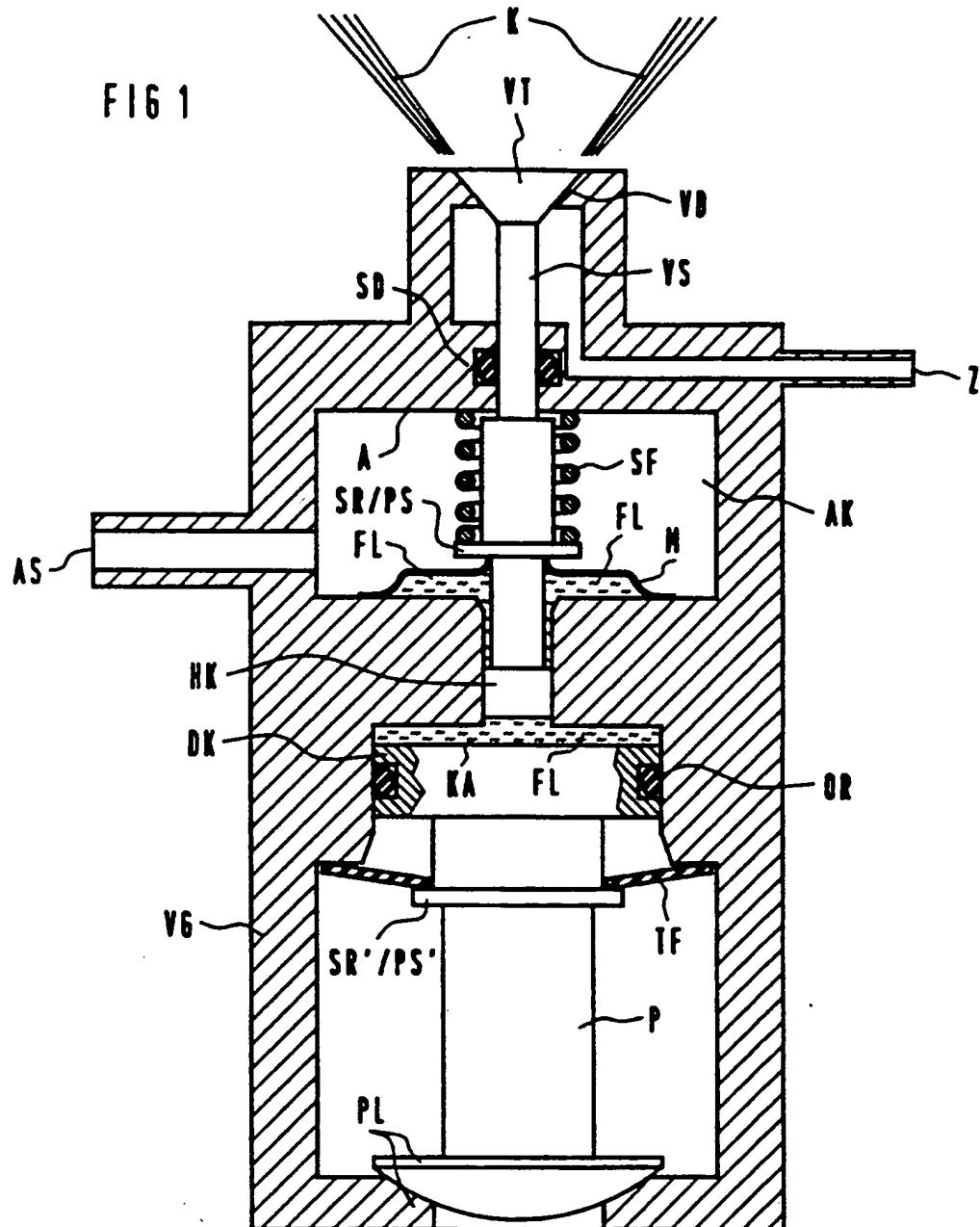
20 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Durchtrittsöffnung mit einem Zu- oder -Abflußkanal
(R) für eine Flüssigkeit verbunden ist.

25 16. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1
bis 15 als Kraftstoff-Einspritzventil.

17. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1
bis 15 als Absperrventil in einer Druckstoß-Einspritzanlage.

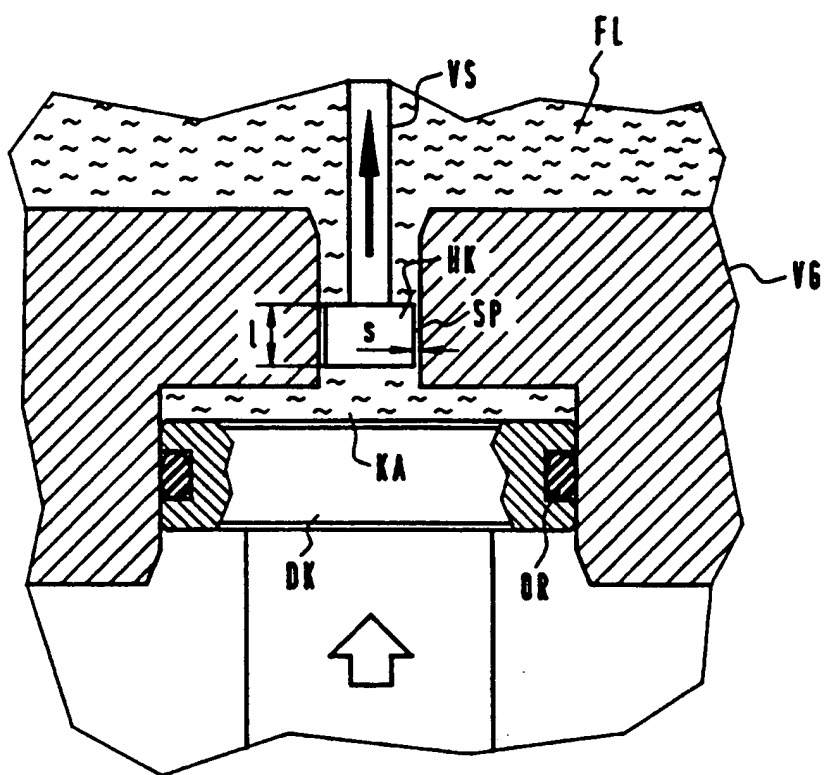
1/7

FIG 1



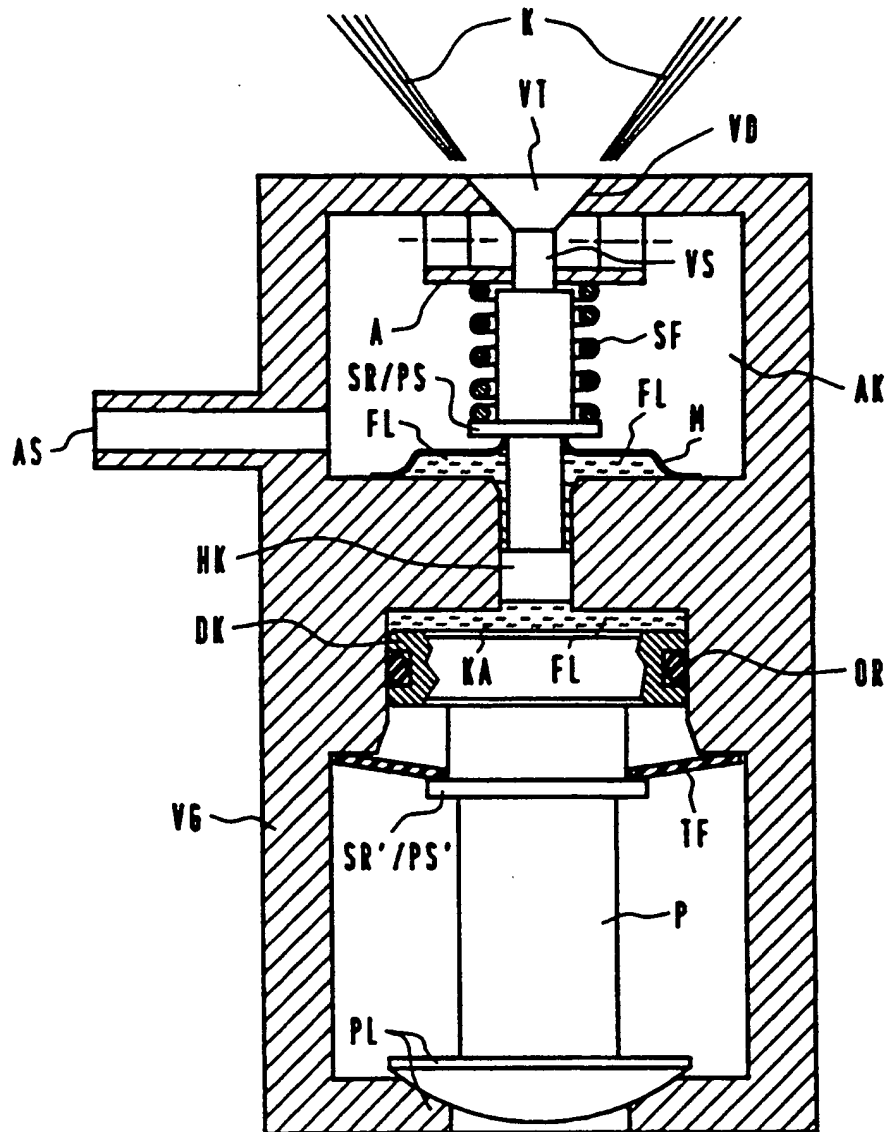
2/1

FIG 2



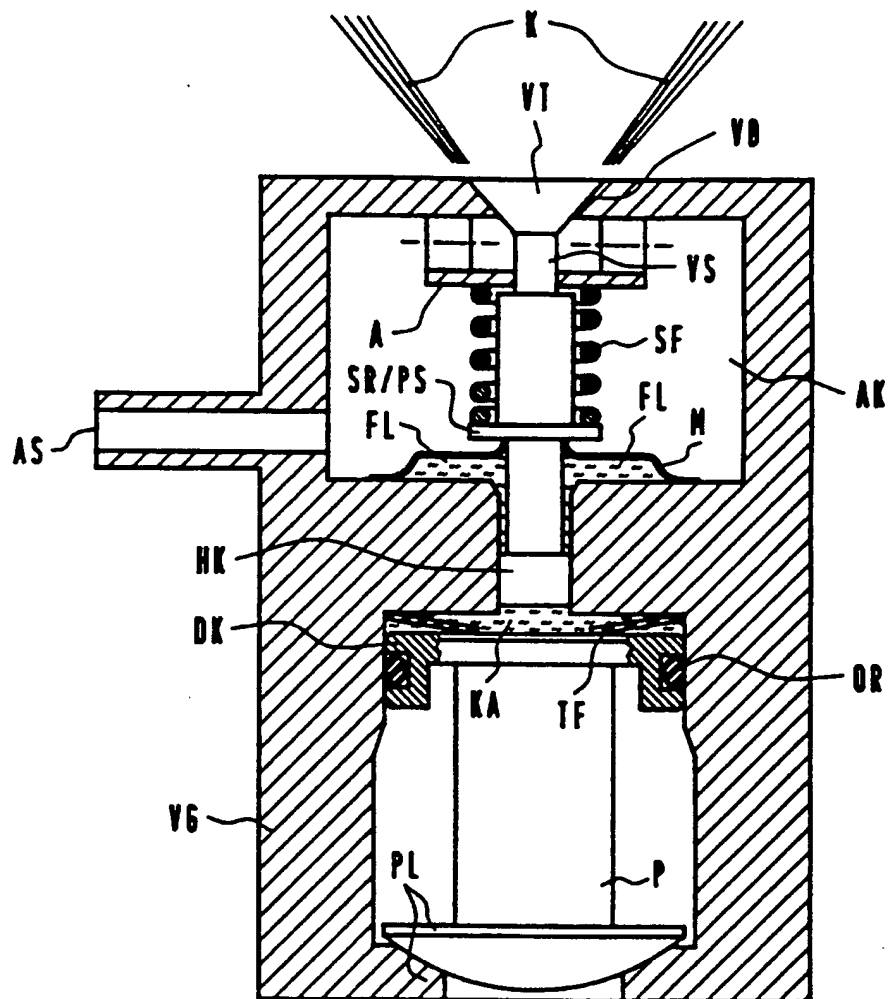
3/7

FIG 3



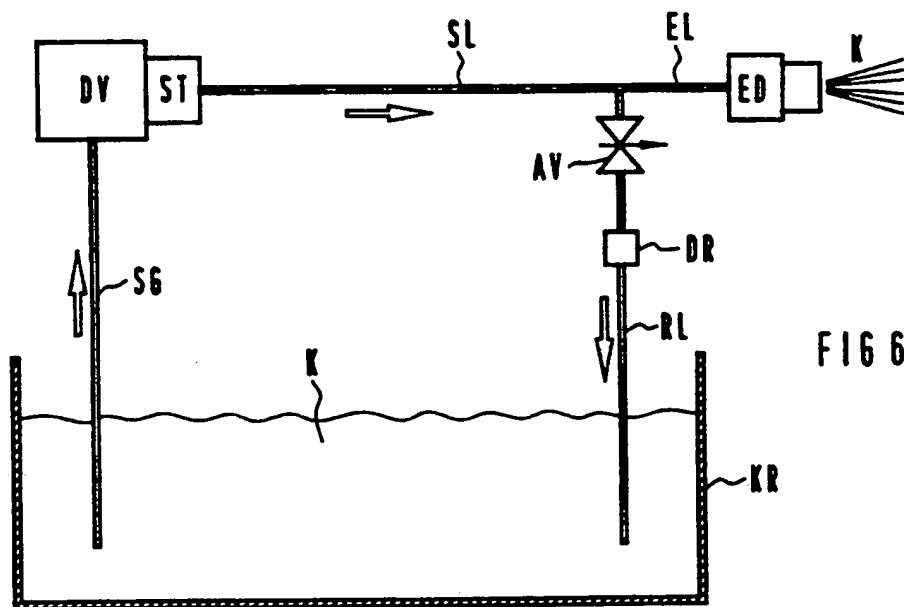
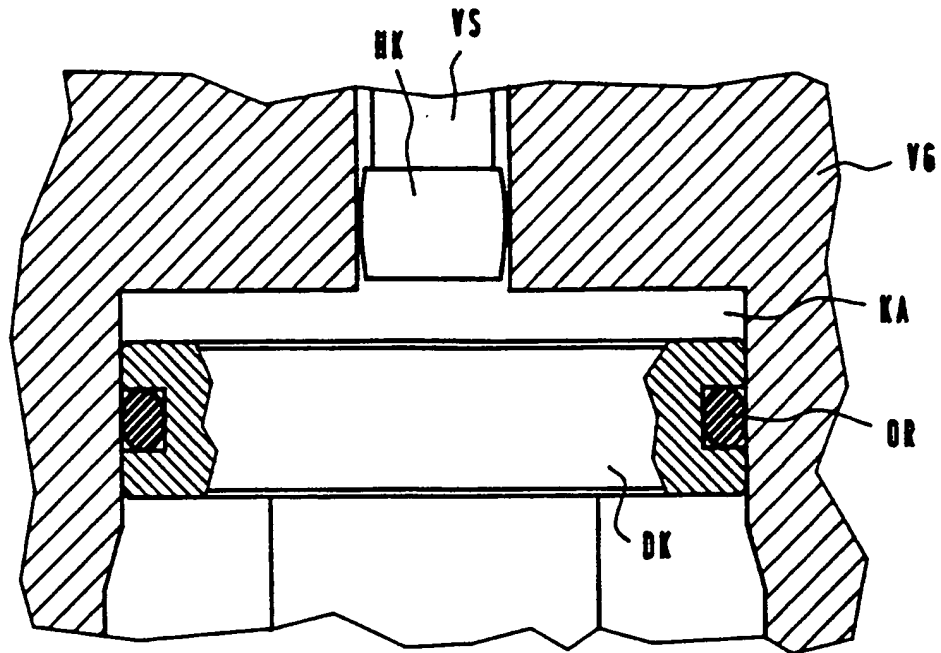
4/7

FIG 4



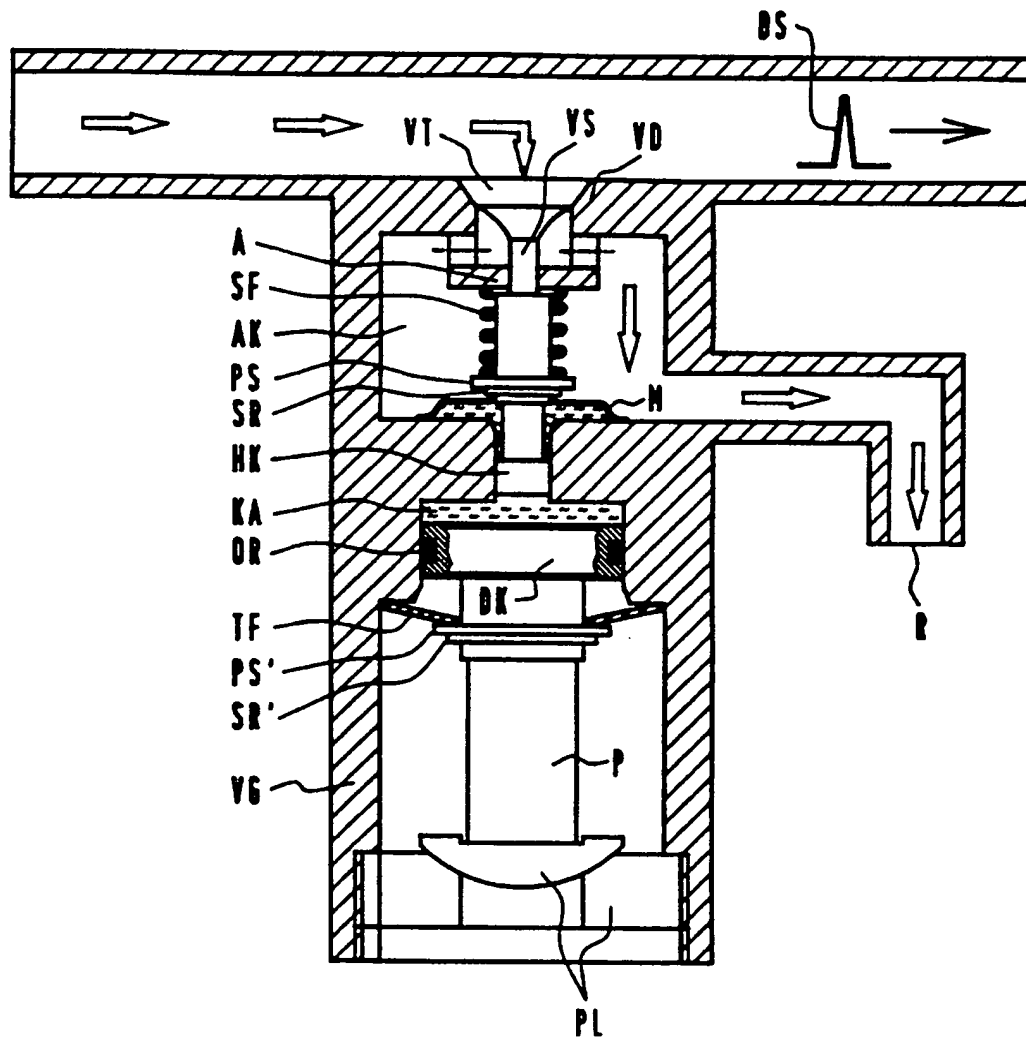
5/7

FIG 5



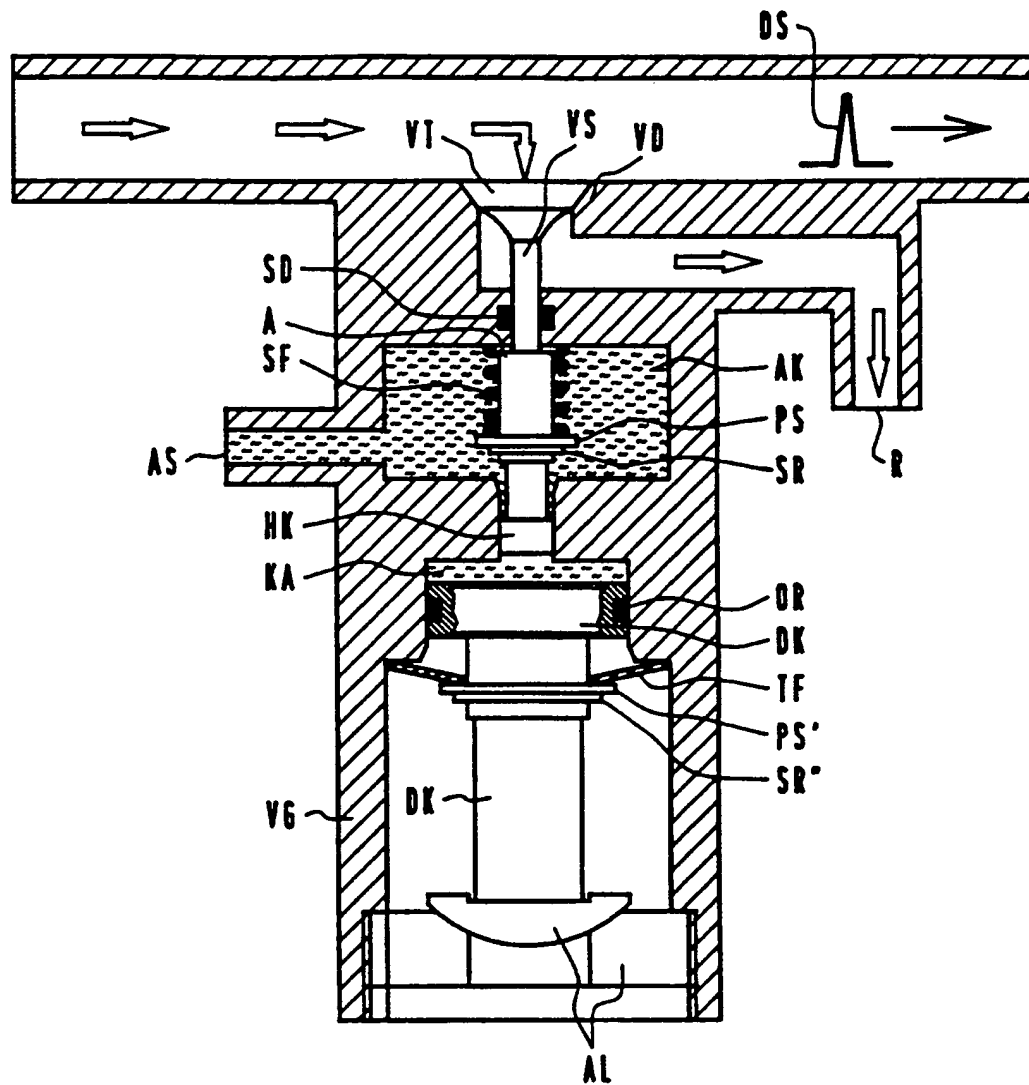
6/7

FIG 7



7/7

FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No

PCT/DE 94/00213

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 5 F02M51/06 F02M47/04 F02M61/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 5 F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US,A,4 858 439 (SAWADA) 22 August 1989	1-4, 10-13,16
Y	see column 2, line 30 - column 4, line 56 see column 5, line 3 - line 8; figures 1,2,8	5,14
Y	GB,A,2 228 769 (VOLKSWAGEN) 5 September 1990 see abstract; figure 1	5
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 77 (M-369) (1800) 6 April 1985 & JP,A,59 206 671 (NIPPON JIDOSHA) 22 November 1984 see abstract	14
A	EP,A,0 477 400 (SIEMENS) 1 April 1992 cited in the application	
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 June 1994

Date of mailing of the international search report

15.06.94

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sideris, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No

PCT/DE 94/00213

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,3 995 813 (BART) 7 December 1976 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
information on patent family members

International Application No
PCT/DE 94/00213

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4858439	22-08-89	JP-A- 63214501	07-09-88
GB-A-2228769	05-09-90	DE-A- 4005455 US-A- 5031841	30-08-90 16-07-91
EP-A-0477400	01-04-92	NONE	
US-A-3995813	07-12-76	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 94/00213

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 5 F02M51/06 F02M47/04 F02M61/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 5 F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US,A,4 858 439 (SAWADA) 22. August 1989	1-4, 10-13,16
Y	siehe Spalte 2, Zeile 30 - Spalte 4, Zeile 56 siehe Spalte 5, Zeile 3 - Zeile 8; Abbildungen 1,2,8 ---	5,14
Y	GB,A,2 228 769 (VOLKSWAGEN) 5. September 1990 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	5
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 77 (M-369) (1800) 6. April 1985 & JP,A,59 206 671 (NIPPON JIDOSHA) 22. November 1984 siehe Zusammenfassung --- -/--	14

<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie	
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>		<p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>	
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 8. Juni 1994		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 15.06.94	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 cpo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Sideris, M	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 94/00213

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP,A,0 477 400 (SIEMENS) 1. April 1992 in der Anmeldung erwähnt ---	
A	US,A,3 995 813 (BART) 7. Dezember 1976 -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 94/00213

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-4858439	22-08-89	JP-A- 63214501	07-09-88
GB-A-2228769	05-09-90	DE-A- 4005455	30-08-90
		US-A- 5031841	16-07-91
EP-A-0477400	01-04-92	KEINE	
US-A-3995813	07-12-76	KEINE	